

GERMAN DEMOCRATIC REPUBLIC

## PATENT SPECIFICATION

(19) **DD** (110) **246 257 A1**

4 (51) **B 01 J 19/00**

(12) **Industrial patent**

**granted in accordance with § para. 1 of the Patents Act**

### OFFICE FOR INVENTIONS AND PATENTS

Published in the version filed by the applicant

(21) **WP B 01 J / 286 337 5** (22) **21.01.86** (44) **03.06.87**

(71) **Scientific Academy of the GDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Strasse 22/23, DD**

(72) **Löhder, Werner, Dr. Dipl.-Ing.; Bergann, Ludwig, Dr. Dipl.-Ing., DD**

(54) **Process engineering micro-apparatuses and method for their manufacture**

(57) The invention is applicable where there is a requirement for miniaturised process engineering apparatuses and systems, for example for heat exchangers, vaporisers, adsorbers, or catalytic reaction vessels. The aim and purpose of the invention is to create miniaturised process engineering apparatuses or process engineering micro-systems, and to describe a method for their manufacture such that they are simple to manufacture, that non-etchable materials can also be used, and an increase in efficiency, in terms of process engineering, can be achieved. According to the invention this is achieved in that the process engineering micro-apparatus possesses individual functional planes which are accommodated in a stack of small substrate sheets, and are functionally connected by fluid flow openings or by energy transfer walls, whereby the recesses formed in the individual substrate sheets correspond in their dimensions, shape and surface design as well as their effective volume to the individual function planes of the process engineering micro-apparatus.

**Claims:**

1. Process engineering micro-apparatus consisting of a stack of individual substrate sheets with recesses formed in them, said substrate sheets being covered so as to form enclosed cavities, characterised in that the process engineering micro-apparatus possesses individual functional planes which are accommodated in the stack of substrate sheets and which are functionally connected by means of fluid flow openings or energy transfer walls, whereby the recesses formed in the individual substrate sheets correspond in their dimensions, shape, surface design and effective volumes to the individual functional planes of the process engineering micro-apparatus.
2. Method for the manufacture of process engineering micro-apparatuses according to claim 1, characterised in that the substrate sheets are provided with a surface structure corresponding to the effective volumes required for the functional plane in question, that they are then stacked and connected with one another in a gas- or fluid-tight manner and that the necessary connections are then attached to the outer substrate sheets.
3. Method according to claim 2, characterised in that the structure is created in the substrate sheets on one side.
4. Method according to claim 3, characterised in that the structure is created in the substrate sheets on both sides.
5. Method according to claims 2 to 4, characterised in that opposite sides of substrate sheets are provided with a mirror-image structure.
6. Method according to claims 2 to 4, characterised in that opposite sides of substrate sheets are provided with different structures.
7. Method according to claims 2 to 6, characterised in that the structures in the substrate sheets are created through displacement of the substrate material which is to be removed, for example by means of a pressing tool.
8. Method according to claims 2 to 6, characterised in that the structures in the substrate sheets are created through the removal of the substrate material which is to be removed, for example by means of a cutting tool.

9. Method according to claims 2 to 6, characterised in that the structures in the substrate sheets are created by electro-erosive means.
10. Method according to claims 2 to 6, characterised in that the structures in the substrate sheets are created through chemical removal of the substrate material which is to be removed, for example by means of an etching process.
11. Method according to claims 2 to 6, characterised in that the structures on the substrate sheets are created through the galvanic accretion of metallic boundary walls on metallic structural patterns which have been applied to the substrate sheets.
12. Method according to claims 7 to 11, characterised in that several of the individual method steps for creating structures in the substrate sheets are carried out in succession or in combination.
13. Method according to claims 1 to 12, characterised in that all of the substrate sheets consist of one type of material.
14. Method according to claims 1 to 12, characterised in that substrate sheets in a process engineering micro-apparatus consist of different types of material.
15. Method according to claims 1 to 14, characterised in that individual or all substrate sheets are partially or completely coated with another material or different types of material.
16. Method according to claims 1 to 15, characterised in that the materials (substrate and/or applied material) are chemically or physically active with respect to the media flowing through the apparatus and interact with these.
17. Method according to claims 1 to 18, characterised in that substances which are chemically or physically active with respect to the media flowing through the apparatus are applied in thin layers in the process engineering micro-system.

3 pages of drawings

## **Field of application of the invention**

The invention is used in process engineering in cases where the substances to be treated are only available in small quantities or where these substances are very expensive, so that large dead volumes in the process engineering apparatuses cannot be afforded and miniaturised process engineering apparatuses and systems are therefore required. Such miniaturised process engineering apparatuses can, *inter alia*, be heat exchangers, vaporisers, condensers, absorbers, gas chromatography columns, separating apparatuses or catalytic reaction vessels. Complete process engineering systems consisting of these apparatuses with connecting channels and actuating elements and possibly integrated microcontrol or regulating electronics including sensors are also conceivable.

The invention can also be used in the manufacture of such miniaturised process engineering apparatuses and systems.

## **Characteristics of the known technical solutions**

A manufacturing method is known from the field of low temperature generation by means of miniaturised systems which uses the etching technique based on photolithography (DE-OS 3010962, F25 B, 9/02). In this case a purpose-specific meander pattern is etched into a glass plate, which is then covered with a second plate, creating a corresponding cavity system.

Disadvantages of this manufacturing method are, on the one hand, the limitation to etchable materials and on the other hand the effects typical of etching processes, such as low depth/width ratio of the etched trench and in particular the underetching phenomena of the etch mask.

These effects significantly narrow the free choice of spatial dimensions of the arrangement which is to be manufactured. Changes in the depth of the etched trench on a plate can only be realised, if at all, with great complexity.

Levels of process engineering efficiency are adversely affected through the limitations in the free choice of spatial dimensions for the micro-apparatuses resulting from the etching process.

## **Aim of the invention**

The aim of the invention is to make available process engineering micro-apparatuses and a simple method of manufacturing these, allowing exact reproducibility, making it also possible to use process materials which cannot be etched or combined and at the same time making it possible to increase the level of process engineering efficiency through better realisation of the optimal process parameters, and making mass production possible.

## **Description of the essence of the invention**

The invention is based on the problem of creating miniaturised process engineering apparatuses or process engineering micro-systems and describing a method of manufacturing these.

This problem is solved according to the invention in that the process engineering micro-apparatus or micro-system is subdivided into functional planes within the apparatus. Each functional plane takes the form of a structure worked into at least one substrate sheet.

If several functional planes are to be provided, several sheets are used, such that the number of sheets may be greater than the number of functional planes. The substrate sheets are stacked on top of each other and are connected, in terms of process functions, by means of apertures provided in the sheets. After stacking, the process-related recesses which remain exposed on the outside are sealed by means of cover sheets provided with inlet and outlet openings for materials, and the entire stack of sheets is connected together in a gas or fluid-tight manner. This stacking process allows even complex process engineering micro-systems to be realised in compact form.

There are several possible means of applying the structure of a functional plane of the process engineering micro-apparatus to a substrate sheet.

For example, the structure of a functional plane may be created on one side of a substrate sheet and then sealed by means of a flat sheet.

On the other hand it is also possible to accommodate the structural pattern of two functional planes on one substrate sheet, in such a way that the structure of one functional plane is formed on each side of the substrate sheet.

Particularly where a functional plane requires large structure depths, it may be advantageous if the structure is divided between the opposing faces of two substrate sheets in such a way that, when assembled, the structure of this functional plane is obtained.

This structure may be divided in mirror-image form, or also asymmetrically.

The recessed structures in the substrate sheets may be formed through displacement of the material which is to be removed, for example using a pressing or stamping tool.

It is also possible to form the structures in the substrate sheets through mechanical removal using a cutting tool, for example a milling tool or a graving tool.

The structures in the substrate sheets can also be created through electro-erosive removal of the substrate material that is to be removed.

The structures in the substrate sheets can also be formed through chemical removal of the unwanted substrate material, for example through an etching process, as long as the substrate material is etchable.

In another method for creating the structure, a thin electrically conductive layer would first be applied to the substrate sheet, into which the basic pattern of the structure is etched by means of a photolithographic process. The structure is then heightened through galvanic accretion, producing metallic boundary walls.

It is also conceivable to carry out individual methods for producing the described structures, as listed above, in sequence so as to obtain structures which cannot be achieved with one of these manufacturing methods alone, or which cannot be manufactured economically. This could, for example, be the case with plated substrate materials.

Furthermore, a chemical or physical activity of the system can be achieved through the choice of special substrate materials of the micro-apparatus or coating or shaping of its inner surface. In this way, the micro-apparatus can, for example, be used as a catalytic reaction vessel. It is also thereby possible to fill the existing cavities of the micro-apparatus with porous catalyst material for use as a catalytic reaction vessel.

The invention is described in greater detail in the following with reference to exemplary embodiments.

As a first example, a miniaturised cross-counterflow vaporiser is described (Fig. 1 a -1 c). The medium 1 that is to be vaporised flows in a cross-counterflow towards the heat transfer

medium 2, and is thereby heated to its vaporising temperature and then vaporised, and temporarily stored in a vapour collecting vessel 3 for further processing.

This cross-counterflow vaporiser consists of a glass sheet 4 on the upper side of which the structure system for the medium which is to be vaporised 1 is formed (see Fig. 1b), with the recess system for the heat transfer medium 2 being formed on the underside (see Fig. 1c). Both recess systems are sealed using poorly thermally-conductive cover sheets 5, for example made of plastic.

Both the recess systems are manufactured in that pre-heated glass sheets 4 are pressed in a pressing tool, which contains the desired recesses in raised form. The moulding flash can then be removed from the glass sheet 4 by grinding. The manufacturing process is completed by attaching the two cover sheets 5 and then connecting the two contacting sides of the sheets, then attaching the inlet and outlet lines.

Another possible embodiment of the cross-counterflow vaporiser is shown in Fig. 2. The glass sheet 6 contains the structure system for the medium 1 which is to be vaporised and is arranged in such a way that the recesses face the copper foil 7. A further glass sheet 8 with the impressed structure system for the heat transfer medium is arranged on the other side of the copper foil 7 in such a way that these structures face the copper foil 7. The transmission of heat from the heat transfer medium 2 to the medium 1 which is to be vaporised takes place through the copper foil 7. Two cover sheets 5 reduce heat losses to the outside. This vaporiser too is manufactured in a similar way to that represented in Fig. 1.

Another possible embodiment of the vaporiser is shown in Fig. 3.

A glass sheet 4 contains the recess system for the medium 1 which is to be vaporised. This recess system is sealed by a thin cover sheet 9, on the opposite surface of which an electrical heating system 10 is deposited, which is in turn covered by a thermally insulating cover sheet 5. A further exemplary embodiment relates to a catalytic reaction vessel for use in micro-analytic chemistry. The problem which must be addressed in this case is the small quantity of the material available for analysis. With a small effective volume, the micro-apparatus of the invention provides a comparatively large inner surface. This property makes it suitable as an arrangement for the catalytic conversion of special product classes, for example in order to determine the proportion of paraffins (alkanes) to olefins (alkenes) in a mixture by means of a hydrogenation catalyst with subsequent chromatographic analysis. For this purpose the inner surface of the micro-apparatus must be capable of fixing the catalytic substance.

Aluminium oxide is very suitable for this purpose and also increases the effective surface area considerably due to its porosity. Hence, a catalyst arrangement for microanalysis can be realised from the invented micro-apparatus by carrying out the following steps:

The intended structure pattern can for example be pressed into aluminium using a pressing tool, whereby the cavity structure may be formed of one or multiple channels. This is followed by anodic oxidation of the channel system, which is then sealed by means of an opposing sheet or a mirror-image opposing structure. These two steps can also be carried out in the reverse order. The catalyst, for example platinum, is then precipitated from the solution in the channel system and absorbed by the aluminium oxide. After appropriate connecting pipes have been connected, the micro-catalytic converter is ready for use.

As an example of the multiple possibilities of stacking functional planes which in practice represent individual process steps, a miniaturised multistage separation and reaction apparatus in accordance with the invention is represented diagrammatically in Fig. 4. The process engineering micro-apparatus consists of three dialysis stages 11, a heating stage 12, a reaction stage 13 and a cooling stage 14.

Thermal insulation layers 15 are arranged between the process stages, the operating temperatures of which may be significantly different in relation to the neighbouring process stages. A dialysis stage essentially consists of two substrate sheets 16 in which virtually mirror-image recesses have been formed by mechanical machining. The channels for the medium 18 which is to be purified and the medium 19 flowing in the opposite direction, which is supposed to absorb the impurities, are created by etching. A semi-permeable membrane 17 is clamped between the two substrate sheets. The medium 18 is connected with the next process step by a circular shaped channel formed by boring.

The heating stage 12 and the cooling stage 14 have been manufactured in a similar manner to that described in the first exemplary embodiment. The reaction stage 13 is designed analogously, as described in the exemplary embodiment involving a catalytic reaction vessel.



## PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 246 257 A1

4(51) B 01 J 19/00

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 01 J / 286 337 5 (22) 21.01.86 (44) 03.06.87

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Straße 22/23; DD  
 (72) Löhder, Werner, Dr. Dipl.-Ing.; Bergann, Ludwig, Dr. Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahrenstechnische Mikroapparaturen und Verfahren zu ihrer Herstellung

(57) Die Erfindung ist dort anwendbar, wo miniaturisierte verfahrenstechnische Apparaturen und Systeme, wie z. B. als Wärmeübertrager, Verdampfer, Adsorber, katalytische Reaktionsgefäße erforderlich sind. Ziel und Aufgabe der Erfindung ist es, miniaturisierte verfahrenstechnische Apparaturen oder verfahrenstechnische Mikrosysteme zu schaffen und ein Verfahren zu deren Herstellung anzugeben, wobei die Herstellung einfach sein soll, auch nicht ätzfähige Materialien einsetzbar sind und eine Steigerung des verfahrenstechnischen Wirkungsgrades erreicht wird. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die verfahrenstechnische Mikroapparatur einzelne Funktionsebenen aufweist, die in einem Stapel von Substratplättchen untergebracht und funktionsmäßig durch Flußstromöffnungen bzw. Energieübertragungswände miteinander verbunden sind, wobei die in den einzelnen Substratplättchen eingearbeiteten Vertiefungen in ihren Abmessungen, ihrer Form- und Oberflächengestaltung sowie ihren Wirkvolumina der jeweiligen Funktionsebene der verfahrenstechnischen Mikroapparatur entsprechen.

**Erfindungsanspruch:**

1. Verfahrenstechnische Mikroapparatur, die aus einem Stapel von einzelnen Substratplättchen mit eingearbeiteten Vertiefungen besteht, wobei die Substratplättchen zur Bildung geschlossener Hohlräume abgedeckt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die verfahrenstechnische Mikroapparatur einzelne Funktionsebenen aufweist, die in dem Stapel von Substratplättchen untergebracht und funktionsmäßig durch Flußstromöffnungen bzw. Energieübertragungswände miteinander verbunden sind, wobei die in den einzelnen Substratplättchen eingearbeiteten Vertiefungen in ihren Abmessungen, ihrer Form- und Oberflächengestaltung sowie ihren Wirkvolumina der jeweiligen Funktionsebene der verfahrenstechnischen Mikroapparatur entsprechen.
2. Verfahren zur Herstellung von verfahrenstechnischen Mikroapparaturen nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Substratplättchen entsprechend der für die jeweilige Funktionsebene erforderlichen Wirkvolumina mit einer Oberflächenstruktur versehen werden, anschließend gestapelt und gas- bzw. flüssigkeitsdicht miteinander verbunden werden und dann an den jeweils äußeren Substratplättchen die erforderlichen Anschlüsse angebracht werden.
3. Verfahren nach Punkt 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur einseitig in den Substratplättchen erzeugt wird.
4. Verfahren nach Punkt 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur beidseitig in den Substratplättchen erzeugt wird.
5. Verfahren nach Punkt 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß gegenüberliegende Seiten von Substratplättchen mit einer spiegelbildlichen Struktur versehen werden.
6. Verfahren nach Punkt 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß gegenüberliegende Seiten von Substratplättchen mit verschiedenen Strukturen versehen werden.
7. Verfahren nach Punkt 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen durch Verdrängen des zu entfernenden Substratmaterials, beispielsweise mittels eines Preßwerkzeuges, erfolgt.
8. Verfahren nach Punkt 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen durch mechanisches Herausarbeiten des zu entfernenden Substratmaterials, beispielsweise mittels eines Fräswerkzeuges, erfolgt.
9. Verfahren nach Punkt 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen auf elektroerosivem Weg erfolgt.
10. Verfahren nach Punkt 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen durch chemisches Herausarbeiten des zu entfernenden Substratmaterials, beispielsweise durch einen Ätzvorgang erfolgt.
11. Verfahren nach Punkt 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung der Strukturen auf den Substratplättchen durch galvanisches Aufwachsen von metallischen Begrenzungswänden auf metallischen Strukturmustern erfolgt, die auf den Substratplättchen aufgebracht worden sind.
12. Verfahren nach Punkt 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere der einzelnen Verfahrensschritte zur Erzeugung von Strukturen in den Substratplättchen nacheinander oder kombiniert durchgeführt werden.
13. Verfahren nach Punkt 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß alle Substratplättchen aus einer Materialart bestehen.
14. Verfahren nach Punkt 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Substratplättchen in einer verfahrenstechnischen Mikroapparatur aus unterschiedlichen Materialarten bestehen.
15. Verfahren nach Punkt 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne oder alle Substratplättchen mit einem anderen Material oder verschiedenen Materialien teilweise oder vollständig beschichtet sind.
16. Verfahren nach Punkt 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialien (Substrat und/oder aufgebrachtes Material) bezüglich der durchströmenden Medien chemisch oder physikalisch aktiv sind und mit denselben in Wechselwirkung stehen.
17. Verfahren nach Punkt 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß bezüglich der durchströmenden Medien chemisch oder physikalisch aktive Substanzen in dünner Schicht in dem verfahrenstechnischen Mikrosystem aufgebracht werden.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung findet in der Verfahrenstechnik dort Anwendung, wo die zu behandelnden Stoffe nur in geringen Mengen zur Verfügung stehen oder diese Stoffe sehr teuer sind, so daß man sich große Totvolumina in den verfahrenstechnischen Apparaturen nicht leisten kann und daher miniaturisierte verfahrenstechnische Apparaturen und Systeme notwendig sind. Solche miniaturisierten verfahrenstechnischen Apparaturen können unter anderem Wärmeüberträger, Verdampfer, Kondensatoren, Adsorber, gaschromatische Säulen, Trennanlagen oder katalytische Reaktionsgefäßse sein. Auch sind ganze verfahrenstechnische Systeme aus diesen Apparaturen mit Verbindungskanälen und Stellgliedern und möglicherweise integrierter Mikrosteuerungs- oder -regelungselektronik einschließlich Sensoren denkbar. Die Erfindung findet auch Anwendung in der Herstellung solcher miniaturisierter verfahrenstechnischer Apparate und Systeme.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Aus der Tieftemperaturerzeugung mittels miniaturisierter Systeme ist ein Herstellungsverfahren bekannt, welches die Ätztechnik auf der Basis von Fotolithografie verwendet (DE-OS 3010962, F25 B, 9/02). Hierbei wird ein aufgabenspezifisches Mäandermuster in eine Glasplatte geätzt, diese mit einer zweiten Platte abgedeckt und dadurch ein entsprechendes Hohlräumsystem erzeugt.

Nachteilig bei diesem Herstellungsverfahren sind einerseits die Beschränkung auf ätzfähige Materialien und andererseits die für Ätzverfahren typischen Effekte, wie geringes Tiefe/Breite-Verhältnis der Ätzgräben und besonders die Unterätzungserscheinungen der Ätzmaske.  
Diese Effekte engen die freie Wahl der räumlichen Dimensionen der herzustellenden Anordnungen erheblich ein.  
Änderungen der Tiefe der Ätzgräben auf einer Platte sind, wenn überhaupt, nur mit hohem Aufwand realisierbar.  
Durch die vom Ätzverfahren bedingten Begrenzungen in der räumlichen Dimensionswahl für die miniaturisierten Apparaturen und Systeme werden prozeßtechnische Wirkungsgrade verschlechtert.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, verfahrenstechnische Mikroapparaturen und ein einfaches Herstellungsverfahren für dieselben verfügbar zu haben; so daß eine exakte Reproduzierbarkeit, die Verarbeitung auch von nicht ätzfähigen oder kombinierten Materialien und gleichzeitig eine Steigerung des verfahrenstechnischen Wirkungsgrades durch bessere Realisierung der optimalen Prozeßparameter und eine Massenproduktion ermöglicht wird.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, miniaturisierte verfahrenstechnische Apparaturen oder verfahrenstechnische Mikrosysteme zu schaffen und ein Verfahren zu deren Herstellung anzugeben.  
Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß die verfahrenstechnische Mikroapparatur bzw. das verfahrenstechnische Mikrosystem in apparative Funktionsebenen aufgeteilt wird. Jede Funktionsebene wird als eingearbeitete Struktur in mindestens einem Substratplättchen untergebracht.  
Bei mehreren Funktionsebenen werden mehrere Plättchen verwendet, wobei die Plättchenzahl größer sein kann als die Zahl der Funktionsebenen. Die Substratplättchen werden aufeinander gestapelt und mittels in die Plättchen eingebrachter Durchbrüche verfahrensfunktionsmäßig verbunden. Nach der Stapelung werden die nach außen noch offenliegenden verfahrenstechnischen Vertiefungen durch Deckplättchen bis auf die Stoffzufuhr- und Stoffabfuhröffnungen verschlossen und der gesamte Plättchenstapel gas- bzw. flüssigkeitsdicht miteinander verbunden. Durch diese Stapelung lassen sich auch komplexe verfahrenstechnische Mikrosysteme kompakt realisieren.  
Für die Anordnung der Struktur einer Funktionsebene der verfahrenstechnischen Mikroapparatur auf Substratplättchen gibt es mehrere Möglichkeiten.  
Es kann einmal die Struktur einer Funktionsebene einseitig auf einem Substratplättchen erzeugt und mit einem planaren Plättchen verschlossen werden.  
Andererseits ist auch möglich, die Strukturmuster zweier Funktionsebenen auf einem Substratplättchen so unterzubringen, indem auf jeder Seite des Substratplättchens die Struktur einer Funktionsebene abgebildet wird.  
Besonders bei größeren Strukturhöhen einer Funktionsebene kann es vorteilhaft sein, die Struktur auf die einander gegenüberliegenden Seiten von zwei Substratplättchen so aufzuteilen, daß zusammengesetzt die Struktur dieser Funktionsebene erhalten wird.  
Diese Struktur kann spiegelbildlich, aber auch asymmetrisch aufgeteilt werden.  
Die Erzeugung der vertieften Strukturen in den Substratplättchen kann durch Verdrängen des zu entfernenden Substratmaterials, beispielsweise durch ein Preß- oder Prägewerkzeug erfolgen.  
Es ist auch möglich, die Strukturen in dem Substratplättchen durch mechanisches Herausarbeiten mittels eines Schneidwerkzeuges, beispielsweise eines Fräswerkzeuges oder eines Stichels zu erzeugen.  
Ein anderer Weg zur Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen ist die elektroerosive Herausarbeitung des zu entfernenden Substratmaterials.  
Auch kann die Erzeugung der Strukturen in den Substratplättchen durch chemisches Entfernen des störenden Substratmaterials, beispielsweise durch Ätzen erfolgen, sofern das Substratmaterial ätzfähig ist.  
Bei einer anderen Methode zur Strukturherstellung wäre zuerst auf das Substratplättchen ein dünne elektrisch leitfähige Schicht aufzubringen, in der mittels fotolithografischer Verfahren das Strukturgrundmuster eingeätzt wird. Anschließend wird durch galvanisches Aufwachsen die Struktur erhöht, so daß metallische Begrenzungswände entstehen.  
Es ist auch denkbar, einzelne der aufgeführten Herstellungsverfahren für die beschriebenen Strukturen nacheinander durchzuführen, um damit Strukturen zu erhalten, die mit einem dieser Herstellungsverfahren allein nicht erreichbar oder unökonomisch herstellbar sind. Dies könnte beispielsweise bei platierten Substratwerkstoffen der Fall sein.  
Außerdem kann durch die Wahl besonderer Substratmaterialien des Mikroapparatesystems oder Beschichtung bzw. Formierung seiner inneren Oberfläche eine chemische oder physikalische Aktivität des Systems erreicht werden. Das Mikroapparatesystem ist so beispielsweise als katalytisches Reaktionsgefäß einsetzbar. Dabei besteht auch die Möglichkeit, für einen Einsatz als katalytisches Reaktionsgefäß die vorhandenen Hohlräume des Mikroapparatesystems mit porösem Katalysatormaterial zu füllen.  
Nachfolgend soll die Erfindung an Ausführungsbeispielen näher beschrieben werden.  
Als erstes Beispiel wird ein miniaturisierter Kreuzgegenstromverdampfer erläutert (Fig. 1a bis 1c).  
Das zu verdampfende Medium 1 strömt dem Wärmeträger 2 im Kreuzgegenstrom entgegen, wird dabei bis zur Verdampfungstemperatur erwärmt und anschließend verdampft und in einem Dampfsammelgefäß 3 vor der Weiterbehandlung vorübergehend gespeichert.  
Dieser Kreuzgegenstromverdampfer besteht aus einem Glasplättchen 4, in dem sich auf der Oberseite das Struktursystem für das zu verdampfende Medium 1 (s. Fig. 1b) und auf der Unterseite sich das Vertiefungssystem für den Wärmeträger 2 befinden (s. Fig. 1c). Beide Vertiefungssysteme werden durch schlecht wärmeleitende Deckplättchen 5, z.B. aus Kunststoff, verschlossen.

Die beiden Vertiefungssysteme werden dadurch hergestellt, daß in das vorgewärmte Glasplättchen 4 ein Preßwerkzeug, das die gewünschten Vertiefungen als erhabene Form enthält, gedrückt wird. Anschließend wird der Verformungsgrat auf dem Glasplättchen 4 durch Schleifen entfernt. Durch Aufbringen der beiden Deckplättchen 5 mit nachfolgendem Verbinden der sich berührenden Plättchenseiten und das Anbringen der Zu- und Abflußleitungen ist die Herstellung abgeschlossen. Eine andere mögliche Ausführungsform des Kreuzgegenstromverdampfers wird in Fig. 2 gezeigt. Das Glasplättchen 6 enthält das Struktursystem für das zu verdampfende Medium 1 und ist so angeordnet, daß die Vertiefungen der Cu-Folie 7 zugewandt sind. Auf der anderen Seite der Cu-Folie 7 ist ein weiteres Glasplättchen 8 mit dem eingepreßten Struktursystem für den Wärmeträger so angeordnet, daß auch diese Strukturen der Cu-Folie 7 zugewandt sind. Der Wärmedurchgang vom Wärmeträger 2 an das zu verdampfende Medium 1 erfolgt durch die Cu-Folie 7.

Zwei Deckplättchen 5 vermindern die Wärmeverluste nach außen. Auch dieser Verdampfer ist in ähnlicher Weise hergestellt wie der in Fig. 1 a dargestellte.

Eine weitere mögliche Ausführungsform eines Verdampfers ist in Fig. 3 dargestellt.

Ein Glasplättchen 4 enthält das Vertiefungssystem für das zu verdampfende Medium 1. Dieses Vertiefungssystem ist durch ein dünnes Deckplättchen 9 verschlossen, auf dessen Rückseite ein elektrisches Heizsystem 10 aufgedampft ist, das wiederum durch ein wärmeisolierendes Deckplättchen 5 abgedeckt ist. Ein weiteres Ausführungsbeispiel betrifft ein katalytisches Reaktionsgefäß zur Anwendung in der chemischen Mikroanalytik. Hierbei besteht die Problematik in der geringen Menge des zur Verfügung stehenden Untersuchungsmaterials. Die erfundungsgemäße Mikroapparatur besitzt bei kleinem wirksamen Volumen eine relativ große innere Oberfläche. Diese Eigenschaft läßt sie als Anordnung zur katalytischen Umwandlung spezieller Produktklassen geeignet erscheinen, beispielsweise zur Ermittlung des Verhältnisses von Paraffinen (Alkanen) zu Olefinen (Alkenen) in Mischungen mittels eines Hydrierkatalysators und nachfolgender gaschromatographischer Untersuchung. Zu diesem Zweck muß die innere Oberfläche der Mikroapparatur in der Lage sein, die Katalysatorsubstanz zu fixieren.

Aluminiumoxid ist dazu sehr gut geeignet und vergrößert außerdem durch seine Porosität die wirksame Oberfläche beträchtlich. Darauf aufbauend kann aus der erfundungsgemäßen Mikroapparatur in den folgenden Schritten eine Katalysatoranordnung für die Mikroanalytik realisiert werden:

Das beabsichtigte Strukturmuster wird beispielsweise mit Hilfe eines Preßwerkzeuges in Aluminium geprägt, wobei die Hohlraumstruktur ein- oder mehrkanalig ausgeführt werden kann. Anschließend erfolgt anodische Oxidation des Leitungssystems und darauf der Verschluß durch ein Gegenplättchen bzw. durch eine spiegelbildliche Gegenstruktur. Diese beiden Schritte können auch in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden. Der Katalysator, z.B. Platin, wird nun aus der Lösung im Kanalsystem niedergeschlagen und vom Aluminiumoxid adsorbiert. Nach Anschluß geeigneter Verbindungsleitungen ist der Mikrokatalysator einsatzfertig.

In Fig. 4 wird als ein Beispiel für die vielfältigen Möglichkeiten zur Stapelung von Funktionsebenen, die praktisch einzelne Verfahrensschritte darstellen, eine mehrstufige Trenn- und Reaktionsanlage in Mikroausführung gemäß der Erfindung schematisch dargestellt. Die verfahrenstechnische Mikroanlage besteht aus drei Dialysestufen 11, einer Heizstufe 12, einer Reaktionsstufe 13 und einer Kühlstufe 14.

Zwischen den Verfahrensstufen, deren Betriebstemperaturen größere Unterschiede im Vergleich zu benachbarten Verfahrensstufen aufweisen, sind Wärmeisolationschichten 15 angeordnet. Eine Dialysestufe besteht im wesentlichen aus 2 Substratplättchen 16, in denen nahezu spiegelbildliche Vertiefungen durch mechanisches Herausarbeiten eingebracht wurden. Die Kanäle für das zu reinigende Medium 18 und das im Gegenstrom fließende Medium 19, das die Verunreinigungen aufnehmen soll, sind durch Ätzen hergestellt. Zwischen beiden Substratplättchen ist eine semipermeable Membran 17 festgeklemmt. Das Medium 18 wird durch einen kreisförmigen Kanal, der durch Bohren hergestellt wurde, mit der nachgeschalteten Verfahrensstufe verbunden.

Die Heizstufe 12 und die Kühlstufe 14 sind in ähnlicher Weise, wie im ersten Ausführungsbeispiel dargelegt, hergestellt worden. Die Reaktionsstufe 13 ist sinngemäß, wie im Ausführungsbeispiel für ein katalytisches Reaktionsgefäß beschrieben, ausgeführt.

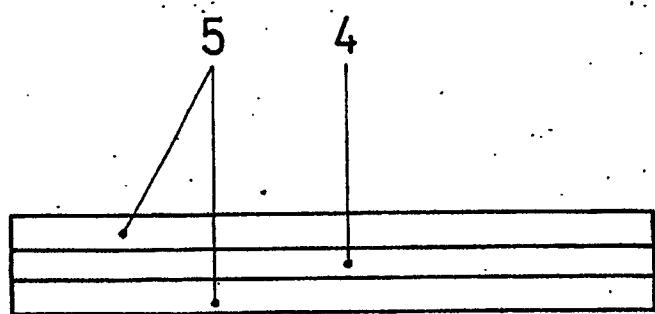


Fig. 1a

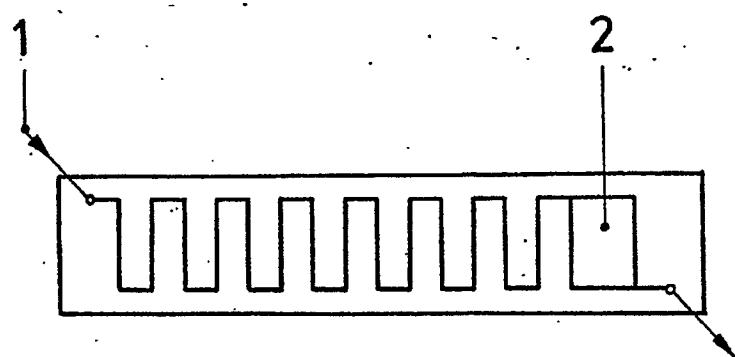


Fig. 1b

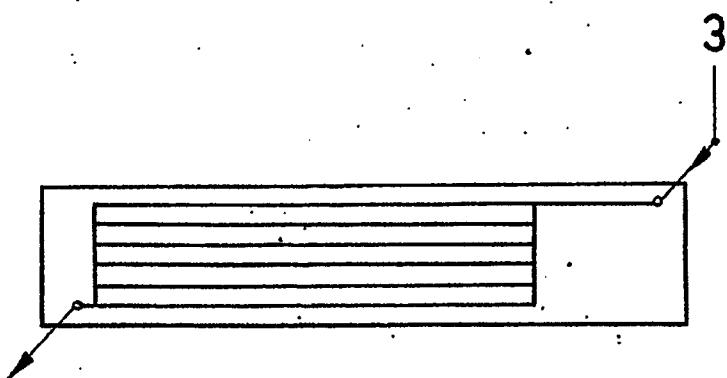


Fig. 1c

211.06 3167.19

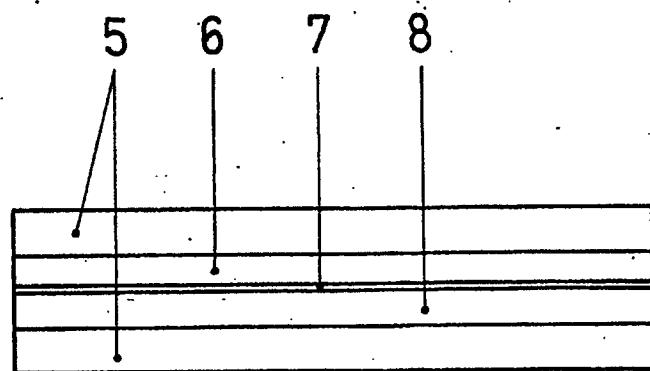


Fig.2

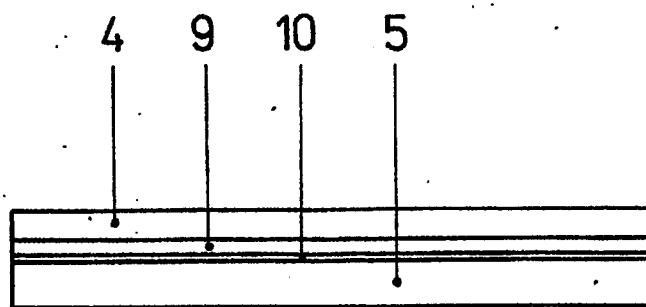


Fig.3

211.16-316719

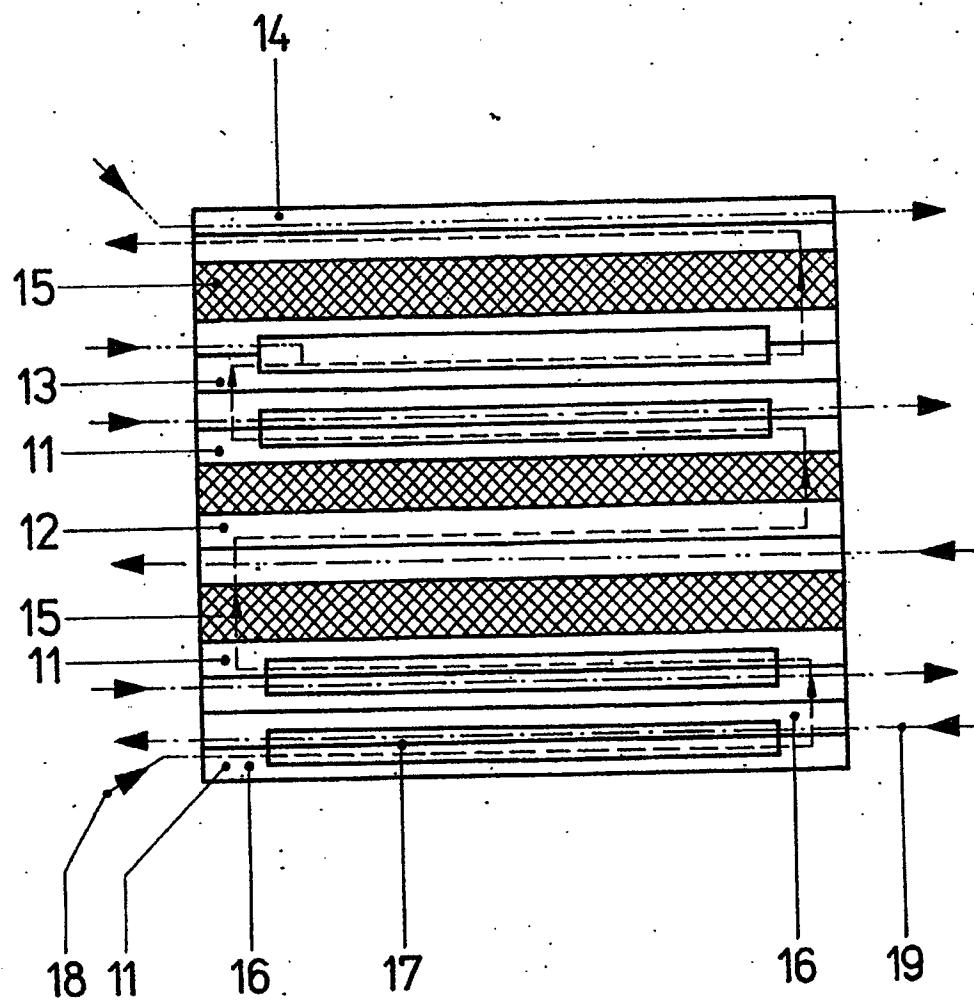


Fig. 4

246719